第22卷 第1期 昆虫学报 Vol. 22, No. 1
1979年2月 ACTA ENTOMOLOGICA SINICA Feb., 1979

柞蚕卵壳的结构及其与赤眼蜂寄生的关系

夏邦颖 王敏慧*
(中国科学院动物研究所)

一、引言

柞蚕是我国的一项特产，产茧量占世界总产量的百分之九十以上。中国劳动人民早在两千多年以前就饲养柞蚕，汉代用其茧作絮，到唐宋时利用柞蚕茧丝已相当盛行，所以柞蚕生产在我国具有悠久的历史。蚕区分布在我国东北地区和山东、河南、贵州等省。柞蚕丝是纺织工业的重要原料，除供服饰外，还是多种工业用材，推进柞蚕生产对繁荣山区经济、提供工业原料，具有一定的意义。

柞蚕卵是比较大而坚硬的昆虫卵。文献报道昆虫卵的卵壳是由围绕着卵母细胞的滤泡细胞连续分泌出卵壳蛋白，沉积于卵母细胞外周而形成的 (Kafatos 1976)。Paul 等人(1972)对柞蚕卵壳蛋白质的种类做了分析，Kawasaki 等人(1971)分析了柞蚕卵壳蛋白中的氨基酸组成。但是，有关柞蚕卵壳结构的研究迄今尚无系统报道。

近年我国不少省市，利用柞蚕卵来大量繁育赤眼蜂，已成功地应用于田间和林区，防治玉米螟、稻纵卷叶螟、粟灰螟、棉铃虫、马尾松毛虫和梨小食心虫等农林害虫。这是我国科技工作者和贫下中农的一项创举。赤眼蜂产卵寄生于柞蚕卵中并发育成蜂，再咬破柞蚕卵壳后出蜂，这一系列过程与柞蚕卵壳关系密切。因此，有必要对柞蚕卵壳的结构和功能进行研究。本文报道利用扫描电子显微镜观察柞蚕卵壳的受精孔区结构，卵壳表面上的花纹和气孔分布，及卵壳切面的结构，并记述松毛虫赤眼蜂产卵、寄生和出蜂时在柞蚕卵壳上留下的痕迹。

二、材料和方法

选取新鲜柞蚕卵和被赤眼蜂寄生过的柞蚕卵进行扫描电镜观察。将整个或部分柞蚕卵壳用银粉导电胶或阿拉伯胶粘于清洁的 8 × 8 毫米的铝片上，在真空条件下于 45° 角用金或铂-钯合金进行旋转蒸涂，然后在扫描电镜下观察并拍摄照片。

三、结果和讨论

柞蚕卵属横卧式卵，乳白色，呈略扁平的椭圆形。蚕卵产出时，雌蛾粘液腺分泌一种淡褐色胶状物质包于蚕卵表面，使卵变成淡褐色或深褐色，并能够牢固地附着于产卵物体上。家蚕的这种胶性物质已证实由 17 种多肽组成(中村晃三，1977)。

* 工作中先后承地质科学院电镜室、清华大学电镜室和我所电镜室协助扫描电镜观察、我所暗室协助洗印照片，在此一并表示感谢。

柞蚕卵的大小，重量与柞蚕品种及幼虫的饲养条件有很大关系。卵直径为 2.0--3.0 毫米，高度约 1.5—2.0 毫米，图 1 示一粒柞蚕全卵的扫描电镜照片，可以看到卵壳表面有呈六边形的稜纹结构。下面对各部分分别描述。

受精孔区（图版 I-2）位于卵较尖的一端，在受精孔区的中央有受精孔（或称卵孔），图版 I-3 示有 11 个受精孔，它们大致排列呈约 9 微米直径范围的环形，每个受精孔开口处的平均直径为 0.65 微米。

在受精孔周围即受精孔区，根据 Döring 的意见，将紧靠受精孔的一圈花瓣状饰物，称之为受精孔花饰，不同种类昆虫卵上的受精孔区花纹特征互不一样，因此可做为鉴定昆虫卵种类的特征。柞蚕卵受精孔花饰中有花饰小叶 12—14 片，每个小叶形状不甚规则。略呈倒披针形花瓣。从受精孔花饰向外，尚有不甚规则的 4—5 圈多为六边形的花饰，层层围绕着受精孔花饰，每圈小叶状花饰数目依次增加。

在柞蚕卵受精孔区外缘，紧连开始气孔结构的分布。在受精孔区以外的卵壳表面上皆呈多边形嵴纹图形，其中多为六边形(图版 II-4)，少数为五边形，七边形或八边形。在嵴纹图形的各顶角处，都有一个气孔。

从图版 II-4 看到柞卵表面分布着许多突出于卵面的石井口状物，我们称之为“气孔围壁”，其高度约 10 微米，开口直径约 20 微米，两气孔围壁之间的距离约在 18—44 微米左右。Hinton (1970) 认为此即柞蚕卵之气孔。实际上这些环圈状围壁着生于气孔周围，突出于卵壳表面。从垂直角度俯视柞蚕卵表面时可看到在每一个这种围壁内的气孔开口。如图版 II-5 所示，每个气孔开口处的平均直径约 4.7 微米。我们将其中一个气孔进行放大观察，该气孔开口处直径为 4.6 微米，由此气孔向卵壳内延伸，还有次级气孔开口，直径约 1.7 微米，从次级气孔开口有孔道继续向卵壳内部延伸。柞蚕卵上气孔的这种颇具特色的结构，显然可以防止卵内水分过份蒸发，并可借气孔围壁在气孔外形成的气盾以维持卵被雨水浸后仍能继续进行卵内胚胎呼吸的作用。

柞蚕卵壳厚度一般为 40 微米左右，同一卵壳不同部位的厚度不一样，并随不同品种、产地、亲代的营养条件等而有变化。从卵壳切面处可看到许多孔洞，柞蚕卵壳切面处呈现的呼吸孔洞结构，如图版 III-6 所示。

在柞蚕卵壳内表面相当于受精孔的部位，有从受精孔向卵内延伸的管状物，称之为受精孔管或卵孔管，图版 III-7 所示的柞卵受精孔管是 9 个，平均每个管的长度为 22 微米，受精管远端呈叶状膨大。各受精孔管集中从卵壳内面共同的基部(约 9 微米直径范围)着生出来，呈辐射状排列。显然受精时精子从卵表面上的受精孔进入，通过受精孔管进入卵内。与上述的受精孔数目不同，可能由个体差异造成，原因待考。

在卵壳内表面上有气孔内开口，直径为 0.4—0.8 微米。自然干燥后的卵壳内表面，可呈现不规则龟裂现象如图版 III-8 所示，这种现象并不出现在卵壳外表面。可见外卵壳较内卵壳致密而坚硬。

赤眼蜂产卵寄生于柞蚕卵内，发育成蜂后，用其口器咬破柞蚕卵壳，形成出蜂孔，孔口直径在 0.20—0.23 毫米范围。在一粒卵上也可有两个出蜂孔。

我们曾注意到被赤眼蜂寄生过的柞蚕卵面上有些很小的团块状物质，一般认为是赤眼蜂羽化后的排泄物。但根据许多昆虫产卵时分泌胶状物质的资料（Wigglesworth 1965），

图版 III-9 所示的这团物质，很可能是赤眼蜂产卵时分泌的产卵胶。赤眼蜂产完卵后拔出产卵针管时，在产卵胶中央部位留下凹陷的痕迹，产卵胶还起着把被产卵器刺破的小孔封闭起来的作用。这个推断仅供商讨。

利用柞蚕卵繁蜂，每粒卵可培育出 50—70 头松毛虫赤眼蜂，这表明柞蚕卵，一方面能满足寄生的赤眼蜂胚后生长发育所需要的营养物质，另一方面柞蚕卵壳的气孔和气体交换系统也能满足 50—70 头众多的赤眼蜂发育过程中呼吸代谢的需要，特别是赤眼蜂到了蛹期，体内营呼吸代谢作用的气管系统形成之后，呼吸量迅速增加。夏邦颖等（1965）曾测定过蜜蜂各型蛹期的呼吸代谢，结果表明：蛹后期吸收氧气和排出二氧化碳皆较蛹初期成倍增长。至于赤眼蜂发育过程中呼吸代谢速率的变化，有待今后研究阐明。

还值得指出的是，柞蚕卵和其他寄主卵一样，卵壳也提供了赤眼蜂生长发育的小生态环境。

本文进一步观察了松毛虫赤眼蜂的产卵器结构。将离体产卵器经 1*N* NaOH 加热处理透明，再经三氯乙醛酚溶液处理后做成整装片。光学显微镜下的观察表明：赤眼蜂的产卵器由鞘部和产卵针管组成。产卵针管位于产卵器鞘部内，基部有个针管柄，前端有鸭嘴状开口。产卵针管总长度平均为 220 微米，直径约 10 微米，产卵针管可以从产卵器鞘中抬出（扫描电镜照片如图版 II-10 及图版 II-11 所示）。赤眼蜂产卵器各部分长度测量结果见表 1。

表 1 松毛虫赤眼蜂产卵器的测量（单位：微米）

	范围	平均	说明
产卵器鞘长度	264—282	275	鞘部与腹部相连
产卵器鞘宽度	35—45	40	
产卵器针管长度	210—240	220	可活动抬出离开鞘部
产卵器针管直径	7.8—10.2	10	远端开口处变狭，呈鸭嘴状开口
产卵器针管柄长度	24—25	25	系产卵针基部膨大部分

Hoffman 等人（1975）曾注意到赤眼蜂可产卵到 90 微米厚的腊壳中去，可产卵到厚度在70微米以下的人工腊壳内的液体中去。由此可以看出由于赤眼蜂在产卵时身体呈头高腹低的倾斜姿式，所以其产卵针管实际有效长度只不过是其总长度的 1/3 左右。因此，柞蚕卵壳厚度甚至加上气孔围壁的高度在内，仍在赤眼蜂产卵针管有效长度范围之内。必须指出的是，有些昆虫卵不能被赤眼蜂寄生或效果极差，除其他原因外，就卵壳而言，不能只考虑厚度，还要考虑卵壳的硬度和其它问题。

关于赤眼蜂口器的结构，迄今未见报道，初步观察表明，它有发达的上颚，切齿缘具有锋利的齿，这就是赤眼蜂用来咬破寄主卵壳形成出蜂孔的工具。赤眼蜂羽化后的柞蚕卵壳内表面遗留有赤眼蜂蛹壳残余物和许多细微颗粒状物质，呈灰褐色。这可能就是被赤眼蜂寄生后卵壳颜色变暗的原因。有关赤眼蜂口器的结构和功能将另文详细报道。

参 考 文 献

夏邦颖、郭郛 1965 蜜蜂（*Apis mellifera* L.）蛹期呼吸代谢的测定。昆虫学报 14(5): 441—5。

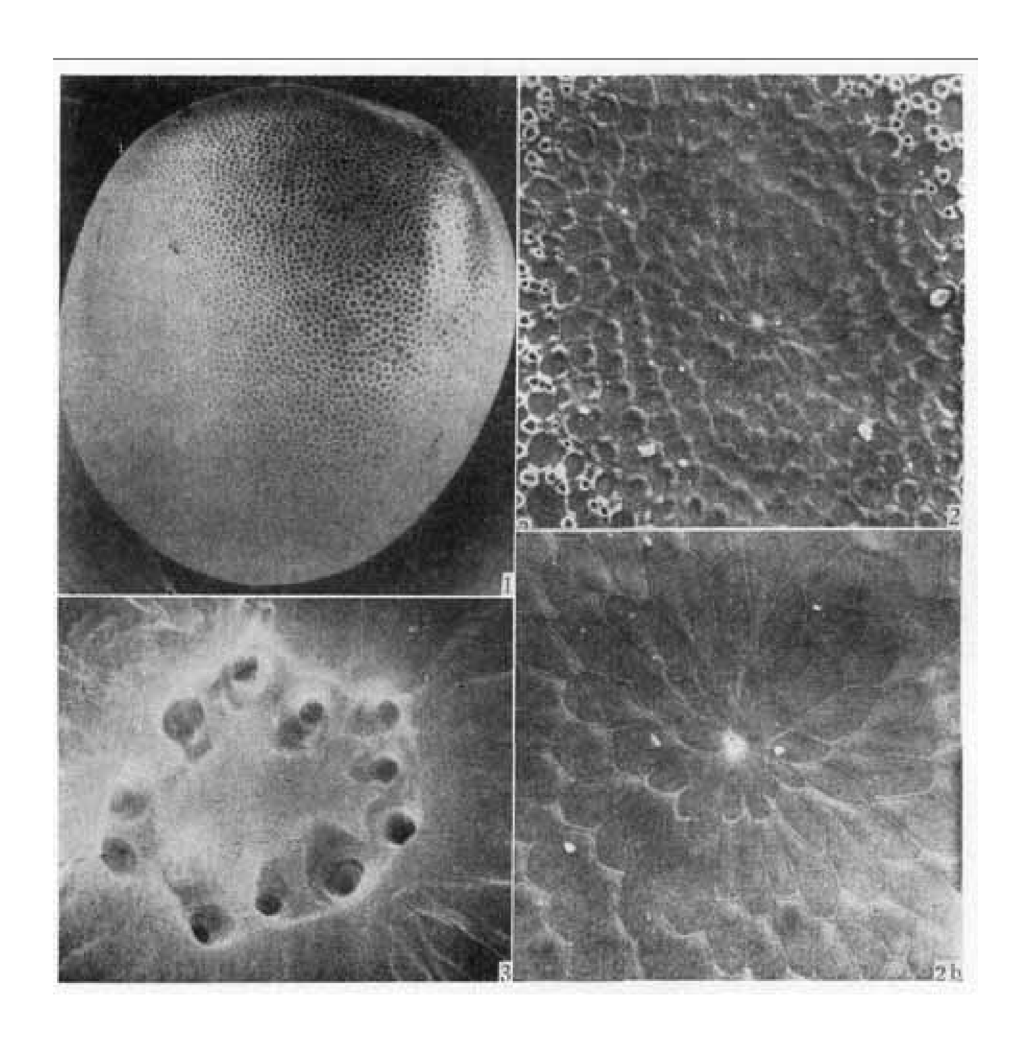
中村晃三、井口民夫 1977 家蚕の卵胶着物质のアミノ酸组成およびその合成について。日本蚕系学杂志 **46**(2): 120—4。

夏邦颖　1979　赤眼蜂口器的结构和功能。中国科学(待发表)。
Döring, E.　1955　Zur Morphologie der schmetterlings Eier Akademie-Verlag, Berlin.
Hinton, H. E.　1970　Insect egg shells. *Scientific American* 223(2):84—91.
Kafatos, F. C.　1976　Sequential cell polymorphism: A fundamental concept in developmental biology. *in* "Advances in Insect Physiology Vol. 12 pp. 1—15."
Kawasaki, H., H. Sato & M. Suzuki　1971　Structural proteins in the silkworm eggshells. *Insect Biochem.* 1:130—48.
Paul, M., F. C. Kafatos & J. C. Regier　1972　A comparative study of eggshell protein in Lepidoptera. *J. Supramolecular structure* 1(1):60—5.
Hoffman, J. D., C. M. Ignoffo & W. A. Dickerson　1975　In vitro rearing of the endoparasitic wasp, *Trichogramme pretiosum*. *Annals of the Entomological Society of America* 68(2):335—6.
Wigglesworth, V. B.　1965　The Principles of Insect Physiology. pp. 1—10; 629—36.

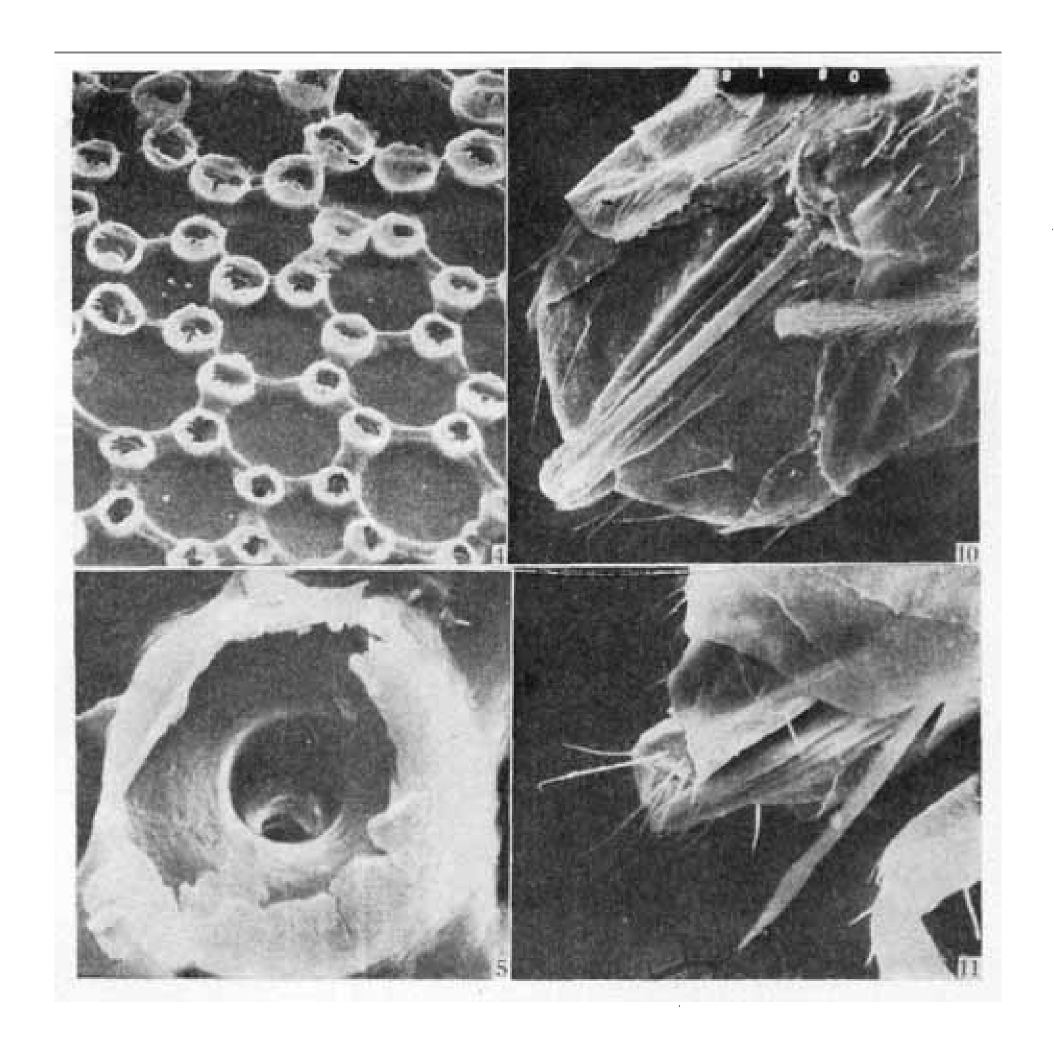
THE STRUCTURE OF OAK SILKWORM EGG SHELL AND IT'S RELATION TO TRICHOGRAMMATID PARASITISM

HSIA PANG-YING　　WANG MIN-HUI
(Institute of Zoology, Academia Sinica)

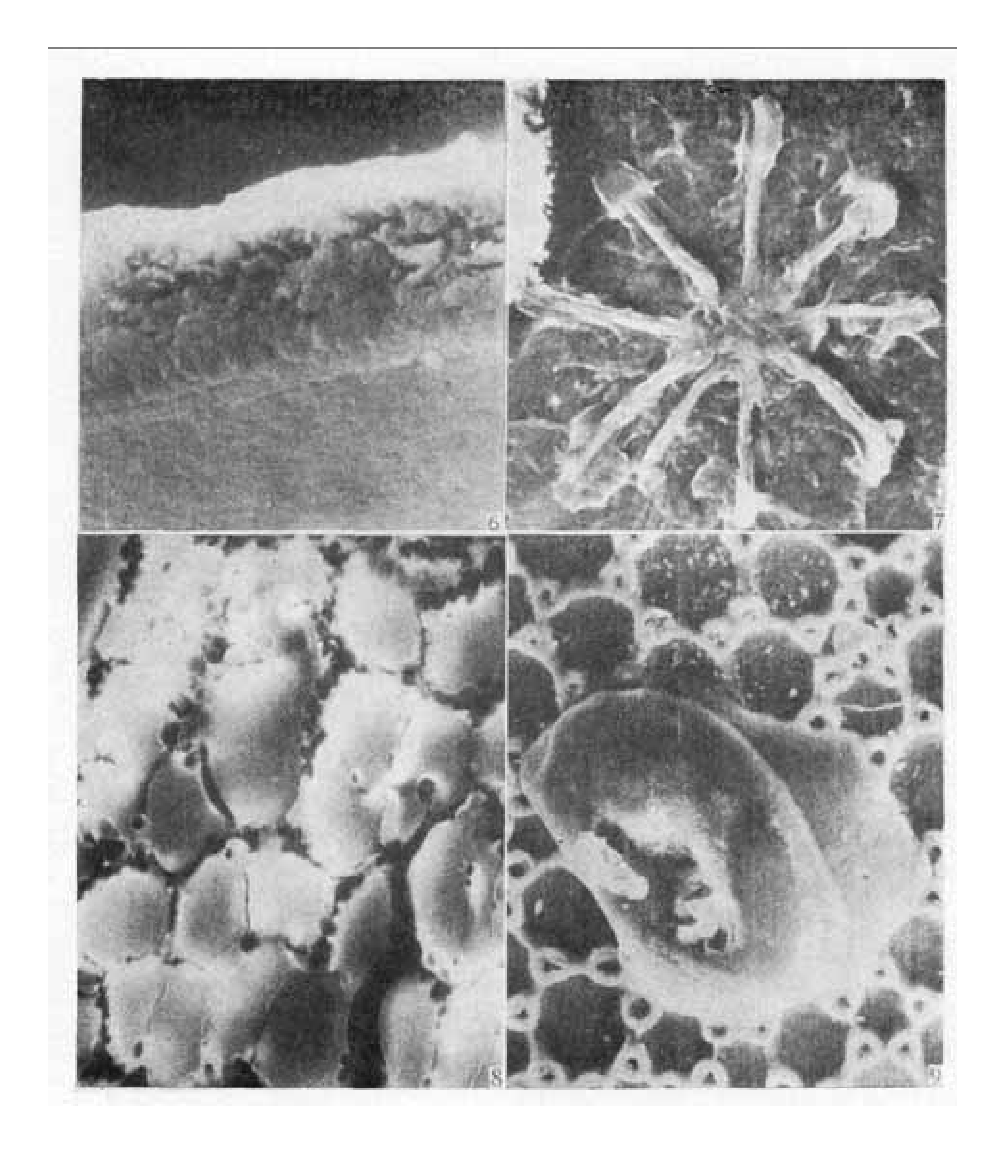
This paper deals with the egg shell structures of *Antheraea pernyi*. The micropyles and aeropyles were examined with scanning electron microscope. The egg shell is about 40 μ in thickness which is easily penetrated through by the ovipositor of *Trichogramma dendrolimi* measuring 220 μ in average. The egg provides nutrients for the developing larvae and the aeropyles on the egg shell are the passages of gaseous exchange which becomes very important when the parasites have transformed into pupae. The morphologies of the mouthparts and the ovipositor of the Trichogrammatid wasp are described.



1. 一粒柞蚕卵
2. a. 柞蚕卵的受精孔区，示受精孔区花饰小叶排列图形，并示受精孔区外缘与气孔着生部位的交界处 130×
   b. 柞蚕卵的受精孔花饰 260×
3. 示一例柞蚕卵壳的受精孔结构 4600×



4. 柞蚕卵表面结构 330×
示卵壳表面的多数呈六边形嵴纹和气孔围壁结构
5. 柞蚕卵表面上的一个气孔及其围壁结构 3600×
10. 赤眼蜂的产卵器结构的扫描电镜观察 200×
11. 赤眼蜂产卵针管抬出产卵鞘的扫描电镜观察 240×



6．柞蚕卵壳切面观 600×
7．柞蚕卵壳内面上的受精孔管结构 1080×
示受精孔管着生部位，相应于卵壳外表面受精孔部位的下方。
受精孔管呈辐射状排列，远端开口扩大。
8．柞蚕卵壳内表面 2160×
示卵壳内表面上的气孔开口，及在自然干燥情况下的龟裂缝隙。
9．柞蚕卵表面上的一个赤眼蜂产卵部位上的产卵胶块状物质 480×